

Коррекция волнового фронта глаза с помощью контактных линз и их влияние на аккомодационный ответ

Е.П. Тарутта, С.Г. Арутюнян, С.В. Милаш

ФГБУ «Московский НИИ глазных болезней им. Гельмгольца» Минздрава России

Аберрации волнового фронта глаза оказывают большое влияние на формирование изображения на сетчатке и на качество зрения. Выявлена также взаимосвязь между аберрациями и аккомодацией, что играет немало-важную роль в зрительной работоспособности и в рефрактогенезе. Предполагают, что коррекция аберраций не только низших, но и высших порядков может влиять на качество изображения. В последнее время часто встречаются научные работы, посвященные коррекции волнового фронта глаза мягкими контактными линзами разных конфигураций. Существуют контактные линзы, которые могут индуцировать или, напротив, нивелировать аберрации. Как эти линзы влияют на собственные аберрации глаза, компенсируют последние или, наоборот, суммируют, — этот вопрос на сегодняшний день продолжает оставаться неизученным.

Ключевые слова: аберрации, волновой фронт, сферическая аберрация, аберрации высшего порядка, контактные линзы, аккомодация.

Российский офтальмологический журнал, 2016; 2: 102–107

Аберрации оптических систем (от лат. aberratio — уклонение) — это погрешности изображений, создаваемые оптическими системами, проявляющиеся в том, что оптические изображения не вполне отчетливы, не точно соответствуют объекту или оказываются окрашенными [1]. Количественной характеристикой погрешностей оптической системы является средне-квадратичное значение ошибок отклонения реального волнового фронта от идеального (root mean square — RMS). Эта ошибка включает в себя все аберрации глаза и позволяет оценить, насколько они тяжелы. Однако и у этой характеристики есть определенные недостатки: большое значение RMS необязательно означает ухудшение качества изображения, так как одни аберрации могут компенсировать другие. Немецкий математик Цернике (Zernike) ввел математический формализм, использующий серии полиномов для описания аберраций волнового фронта. Полиномы первого и второго, т. е. низших порядков, описывают привычные для офтальмологов оптические аберрации — дефокусировку (аметропии) и астигматизм.

Аберрации 1-го порядка описывают плоский волновой фронт, наклоненный относительно горизонтальной или вертикальной оси, т. е. действие призмы.

Аберрации 2-го порядка описывают сферическую ошибку рефракции (дефокус) и астигматизм, которые в нормальном глазу составляют 80–90 % от всех аберраций и традиционно корректируются назначениями сферы, цилиндра и положением оси.

К аберрациям волнового фронта высшего порядка (high order aberrations, HOA) относят аберрации, описываемые полиномами 3-го, 4-го порядка и выше. Аберрации 3-го порядка включают кому (изображение точки напоминает комету с хвостом) и трейлоид (3-лепестковый дефокус). Кома — это сферическая аберрация косых пучков света, падающих под углом к оптической оси глаза. В ее основе лежит асимметрия оптических элементов глаза, в результате которой центр роговицы не совпадает с центром хрусталика и фовеолы. Трейлоид возникает при иррегулярности оптической поверхности. Среди аберраций 4-го порядка выделяют сферические аберрации, квадрантоид, вторичный астигматизм, а в аберрациях 5-го порядка — вторичную кому, вторичный трейлоид, пентафоид. Эти аберрации невозможно измерить традиционными методами исследования рефракции и исправить обычными методами коррекции. Сферическая аберрация в основном обусловлена тем, что периферия хрусталика

преломляет падающие на нее параллельные лучи сильнее центра. Более высокие порядки известны как нерегулярные аберрации.

Аберрации волнового фронта глаза оказывают большое влияние на формирование изображения на сетчатке и на качество зрения.

Выявлено также, что существует взаимосвязь между аберрациями и аккомодацией, что играет немаловажную роль в зрительной работоспособности и в рефрактогенезе.

Ученые предполагают, что коррекция аберраций не только низших, но и высших порядков может влиять на качество изображения. В последнее время появились работы, посвященные коррекции волнового фронта глаза мягкими контактными линзами разных конфигураций. Существуют контактные линзы, которые могут индуцировать или, напротив, нивелировать аберрации. Как эти линзы влияют на собственные аберрации глаза, компенсируют последние или, наоборот, суммируют, — этот вопрос на сегодняшний день продолжает оставаться неизученным.

Собственные аберрации оптической системы глаза. Британский оптометрист Т. Дейв [2] на основе исследований Кокса и собственных работ заявил, что сферические и цилиндрические нарушения рефракции являются причиной 93 % оптических аберраций глаза и из всех аберраций высокого порядка сферическая аберрация является основной причиной искажения видимого изображения. У здорового населения сферическая аберрация положительная и составляет $0,1 \pm 0,1$ мкм при ширине зрачка 6 мм. Т. Дейв рассчитал, что средняя сферическая аберрация здорового глаза составляет примерно 0,12 дптр сферического дефокуса. Другие аберрации высшего порядка в здоровой популяции имеют меньшую величину и оказывают меньшее влияние на качество зрения. Суммарное взаимодействие роговицы и хрусталика также уменьшает общие аберрации глаза [2].

Индукцированные аберрации и тип контактных линз. Давно известно, что коррекцию аберраций низших порядков — дефокуса и астигматизма — можно проводить с помощью контактных линз (КЛ). Но последние сами могут стать причиной индуцированных аберраций, как правило, высших порядков. Исследования подтверждают появление аберраций, индуцированных КЛ [3]. Тем не менее тип и величина индуцированных аберраций варьируют и, вероятно, во многом зависят от типа КЛ.

Мягкие и жесткие КЛ. Выявлено, что мягкие КЛ (МКЛ) могут вызывать волновые монохроматические аберрации высокого порядка, тогда как жесткие КЛ (ЖКЛ) значительно уменьшают положительную сферическую и асимметричные аберрации. [4]. По другим данным, асферичность поверхности ЖКЛ может, в свою очередь, быть причиной сферических аберраций. Асферические ЖКЛ могут вызывать

большую нестабильность остроты зрения, чем сферические ЖКЛ, при одной и той же подвижности за счет индуцирования аберраций [5].

Влияние КЛ на монохроматические аберрации волнового фронта глаза изучал также F. Lu [5]. Автор отдельно для каждого глаза измерял аберрации без КЛ, с МКЛ и с жесткой газопроницаемой КЛ (ЖГКЛ). Оказалось, что RMS-значения увеличивались в МКЛ и уменьшались в ЖГКЛ. В первом случае — за счет НОА, во втором — за счет аберраций 2-го порядка. В глазах с исходно низкими значениями аберраций волнового фронта и МКЛ, и ЖКЛ увеличивали RMS. Изменение аберраций волнового фронта при ношении разных видов КЛ может объяснить изменение качества зрения [5].

Монофокальные МКЛ. Для сравнительной оценки особенностей волнового фронта в миопических глазах без коррекции и в мягких гидрогелевых КЛ В. Roberts и соавт. [6] измеряли RMS-значения суммарных НОА, кому, сферические аберрации и трейлоу. Анализ волнового фронта показал, что МКЛ для коррекции близорукости значительно увеличивают суммарные аберрации волнового фронта. Несмотря на то, что общая кома, сферические аберрации и трейлоу были также выше в КЛ, они не были статистически значимыми при индивидуальной оценке и сравнении этих значений с аналогичными показателями без КЛ [6].

S. Awwad и соавт. [7] для оценки влияния монофокальных силикон-гидрогелевых КЛ на волновой фронт глаза исследовали у 10 пациентов аберрации высших порядков в оптических зонах 4,0 и 6,0 мм до и после надевания Focus Night&Day КЛ силой -2,0 дптр, -4,0 дптр и с силой, соответствующей сферическому эквиваленту рефракции каждого глаза. Было показано, что изменения сферической аберрации высоко коррелируют с силой негативных линз. Суммарные НОА, а также кома и трейлоу слабо коррелировали с силой линз [7]. Линзы силой -2,0 дптр значительно увеличивают суммарные НОА и сферическую аберрацию, а линзы в -6,0 дптр значительно снижают сферическую аберрацию, не оказывая достоверного влияния на суммарный уровень НОА. Все КЛ увеличивали кому и не влияли на величину трейлоу. Переход от увеличения к уменьшению сферической аберрации происходил при силе линзы, равной -4,0 дптр.

R. Gatti и соавт. [8] изучали оптическое влияние 6 разных типов КЛ на волновой фронт. Все виды КЛ увеличивали RMS-значения в 60 % случаев, а также кому и уменьшали сферические аберрации, особенно при миопии. Не было найдено статистически значимых различий между линзами, которые были включены в данную работу: Cooperflex (Cooper Vision), Frequency (R) 55 Aspheric (Cooper Vision), World Vision FW (World Vision), Pure Vision (Bausch & Lomb), Focus Monthly (Ciba Vision) and Focus Choice AB (Ciba Vision) [8].

Торические КЛ. D. Verntsen и соавт. [9] для определения оп-еуе-эффекта на НОА сферических и торических КЛ провели рандомизированное перекрестное исследование. Оба вида линз уменьшают положительные сферические aberrации, других различий в НОА не обнаружено. Торические КЛ с призматическим балластом продемонстрировали бóльшую вертикальную кому, но дали лучшую остроту зрения по сравнению с другим дизайном торических линз. Влияние различного дизайна и материала линз на качество зрения и индуцированные НОА требует дальнейшего изучения [9].

Мультифокальные КЛ. Для анализа влияния различной геометрии мультифокальных МКЛ на оптические aberrации глаза высших порядков С. Реуге и соавт. [10] обследовали лиц неспресбиопического возраста. Aberrации были измерены в КЛ и без них до и после расширения зрачка. Исследования показали, что ношение мультифокальных КЛ вызывает увеличение оптических НОА. Мультифокальные КЛ при центральном зрении вблизи индуцируют большое количество отрицательных сферических aberrаций. При зрении вдаль линзы вызывают увеличение положительных сферических aberrаций.

Показано также, что мультифокальные КЛ могут индуцировать aberrации по типу комы и aberrации 5-го порядка [11].

Децентрация линзы относительно центра зрачка может увеличить НОА. Данные результаты могут объяснить астенопические жалобы пациентов, которые носят мультифокальные КЛ [10].

Косметические КЛ. N. Takabayashi и соавт. [12] изучили влияние оттеночных линз на aberrации волнового фронта глаза. Были обследованы 20 пациентов в прозрачных оптических КЛ и в двух типах оттеночных линз: 1-day Acuvue, 1-day Acuvue Define (Accent style), 1-day Acuvue Define (Vivid style). КЛ имели одинаковые параметры и были изготовлены из одного и того же материала. Индуцированные aberrации (кома, сферические aberrации) каждой КЛ были измерены для 4 и 6 мм зрачков, в то же время сравнивали взаимосвязь между индуцированными НОА и посадкой этих линз. При ширине зрачка 4 мм не было получено значительных отличий НОА в разных группах, при ширине зрачка 6 мм aberrации по типу комы и общие НОА были статистически значимо выше при использовании оттеночных КЛ. Было также показано, что при плохой посадке декоративные линзы вызывают значительно больше индуцированных НОА и в большей степени снижают качество зрения, чем при хорошей посадке. Следует обращать внимание на центрацию этих линз.

Т. Нигаока и соавт. [13] провели исследование для оценки влияния цветных МКЛ (1-day Acuvue Colours; Vistakon, Jacksonville, FL) на волновой фронт глаза. Были исследованы: контрастная чувствительность в фотопических и мезопических условиях,

острота зрения и НОА до и после надевания цветных МКЛ. Авторы пришли к выводу, что косметические КЛ увеличивают НОА и ухудшают контрастную чувствительность в фотопических и мезопических условиях. Пациенты, которые пользуются цветными КЛ, должны быть информированы о возможном снижении качества зрения [13].

Коррекция aberrаций с помощью КЛ. Давно известно, что коррекцию дефокуса и астигматизма (aberrации низших порядков) можно проводить с помощью КЛ. Тем не менее ученые предполагают, что коррекция aberrаций не только низших, но и высших порядков может влиять на качество изображения. В последнее время появились научные работы, посвященные коррекции волнового фронта глаза МКЛ разных конфигураций.

По мнению некоторых авторов, нет смысла корригировать сферические aberrации нормального здорового глаза, потому что асферическая передняя поверхность мало влияет на сферическую aberrацию мягких сферических КЛ [2]. Коррекция сферической aberrации нормальных здоровых глаз асферическими линзами, по данным Т. Дейва (2009), не обеспечивает достоверного уменьшения сферической aberrации у пациентов с рефракцией от +3,0 до -6,0 дптр. По данным S. Efron и соавт. [14], как сферические, так и асферические мягкие КЛ (Biomedics 55 Evolution, Cooper Vision, Biomedics 55, Cooper Vision) при коррекции миопии в 2,0 и 5,0 дптр одинаково снижали уровень aberrаций по сравнению с состоянием до коррекции. Никакой разницы в уровне aberrаций, остроты зрения или субъективного восприятия между данными типами линз не выявлено [14].

Однако асферические линзы могут помочь пациентам с гиперметропией. Т. Дейв [15] показывает, что при высокой гиперметропии обычные КЛ, в отличие от асферических, еще больше увеличивают положительную сферическую aberrацию, что может быть причиной снижения качества зрения.

Lindskoog Pettersson и соавт. [16] изучали волновой фронт глаз без коррекции, с коррекцией стандартными линзами (Focus Dailies Disposable, Ciba Vision), КЛ с контролируемым уровнем aberrаций (ACCL, Definition AC, Optical connection Inc.) и силикон-гидрогелевыми линзами, уменьшающими aberrации (Pure Vision, Baush & Lomb). Некорригированная сферическая aberrация оказалась положительной во всех глазах, так же как ранее было продемонстрировано Т. Дейв [2]. Остаточная сферическая aberrация была близка к нулю в стандартных линзах, в то время как оба типа линз с aberrационным контролем давали гиперкоррекцию сферической aberrации, переводя ее в отрицательную. Авторы предлагают индивидуальный контроль остаточных aberrаций при подборе КЛ с целью изменения сферической aberrации в нужном направлении [16].

S. Koh и соавт. [17] изучали эффективность коррекции сферических aberrаций асферическими (PUREVISION 2 HD; Bausch & Lomb) и сферическими (ACUVUE Oasys; Johnson & Johnson) КЛ. В сферических КЛ сферическая aberrация была близка к 0 при силе линзы +1,0 дптр, становясь более позитивной при увеличении силы линзы и более негативной при ее снижении. Данные асферические линзы обеспечивали постоянную коррекцию сферической aberrации вне зависимости от оптической силы линзы. Пациенты с гиперметропией и высокой миопией могут иметь особенно значительные преимущества от коррекции сферических aberrаций с помощью асферических линз [17].

Влияние aberrаций на аккомодационный ответ. Выявлено, что существует взаимосвязь между aberrациями и аккомодацией, что играет немаловажную роль в зрительной работоспособности и в рефрактогенезе. Так, W. Charman [18, 19] предположил, что высокий уровень aberrаций увеличивает глубину фокусной области и, таким образом, снижает чувствительность к расфокусировке изображения и, следовательно, уменьшает аккомодационный ответ.

J. He и соавт. [20] изучали связь между aberrациями глаза и точностью аккомодации и обнаружили, что суммарные RMS-aberrации волнового фронта коррелируют с величиной отставания (lag) аккомодации у лиц с миопией, но не нашли корреляции показателей аккомодации с уровнем сферической aberrации. Авторы заключили, что деградация ретинального изображения вследствие aberrаций ответственна за снижение аккомодационного ответа [20]. Более того, отставание аккомодации и aberrации могут взаимодействовать для оптимизации ретинального изображения в процессе зрительной работы вблизи [21–23].

В последние годы были разработаны МКЛ с индуцированной сферической aberrацией. В. Theagarayan и соавт. [24] в 2009 г. исследовали действие изменения сферических aberrаций на статический аккомодационный ответ с помощью специально разработанных МКЛ с положительными и отрицательными сферическими aberrациями в диапазоне от -0,2 до 0,2 мкм для 5 мм зрачка. Объективный аккомодационный ответ (ОАО, т. е. динамическую рефракцию глаза при решении аккомодационной задачи) измеряли с помощью авто-рефрактометра открытого поля Shin-Nippon, а также вычисляли отставание ОАО к стимулу в 3,0 дптр. Исследования показали, что отрицательные сферические aberrации усиливают аккомодационный ответ, а положительные, наоборот, уменьшают его. Наивысший, наиболее точный аккомодационный ответ был получен с индуцированной отрицательной сферической aberrацией в -0,2 мкм, а наименьший — с положительной в +0,1 мкм к задаче в 1,0 дптр. Ответ

на аккомодационные задачи в 2,0, 2,5 и 3 дптр был одинаково снижен в линзах со сферической aberrацией в +0,1 и +0,2 мкм. Была получена высокая корреляция отставания аккомодационного ответа с уровнем сферической aberrации системы «глаз + контактная линза» и отсутствие такой корреляции с RMS-aberrациями волнового фронта [24]. В работе P. Allen и соавт. [25] показано, что комбинированное лечение (ношение МКЛ с индуцированными отрицательными сферическими aberrациями порядка -0,1 мкм и специальная ежедневная тренировка зрения) через 3 месяца повысило ОАО у лиц с близорукостью. При этом статический аккомодационный ответ повышался от коррекции сферических aberrаций линзами, а тренировки улучшали динамические показатели: легкость аккомодации и время аккомодационного ответа.

M. Zhu и соавт. [26] проводили оценку влияния объема аккомодации на прогрессирование близорукости при ношении ортокератологических линз (ОКЛ). Завершив свои исследования после 1-го и 2-го года ношения, авторы пришли к выводу, что у детей, которые носили ОКЛ, был более высокий объем аккомодации, чем у близоруких без лечения. Повышение аккомодации способствует замедлению прогрессирования миопии при использовании ОКЛ [26]. Напротив, G. Felipe-Marquez и соавт. [27] не обнаружили существенных изменений субъективных показателей аккомодации на фоне ношения ОКЛ. С этим утверждением не согласны отечественные авторы. Е.П. Тарутта и соавт. [28, 29] обнаружили значительное повышение как субъективных параметров аккомодации (запасов относительной аккомодации и объема абсолютной аккомодации), так и ОАО на фоне использования ОКЛ в ночном режиме. При этом было отмечено, что ОКЛ значительно повышают уровень всех aberrаций волнового фронта (за исключением дефокуса) и в особенности — положительной сферической aberrации.

Интересные данные были получены в работе K. Parker и соавт. [30], которые изучали влияние индуцированных сферических aberrаций на остроту зрения у молодых людей с эметропией. Было изготовлено 5 пробных КЛ с нулевой рефракцией и уровнем сферических aberrаций от -0,224 до +0,621 мкм. Наилучшая острота зрения была получена при наличии положительной сферической aberrации в системе «глаз + линза».

Таким образом, aberrации оптической системы глаза оказывают влияние на зрительные функции и зрительную работоспособность. КЛ специальных дизайнов могут нивелировать или индуцировать различные НОА. Точное знание того, какие именно aberrации улучшают, а какие снижают зрительную работоспособность, аккомодацию, остроту зрения и индуцируют тот или иной тип периферического дефокуса, позволит разработать рекомендации для целенаправленного воздействия на перечисленные параметры.

Литература

1. Аберрации. Большая Советская Энциклопедия. Москва: Советская энциклопедия. 1970; 1: 34.
2. Де́в Т. Асферические контактные линзы: сущность вопроса. Вестник оптометрии. 2009; 2: 48–50.
3. McAlinden C., Moore J.E., McGilligan V.E., Moore T.C. Spherical aberration and higher order aberrations with Balafilcon A (Pure Vision) and Comfilcon A (Biofinity). Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol. 2011; 249 (4 Apr): 607–12.
4. Hong X., Himebaugh N., Thibos L.N. On-eye evaluation of optical performance of rigid and soft contact lenses. Optom. Vis. Sci. 2001; 78: 872–80.
5. Lu F., Mao X., Qu J., et al. Monochromatic wavefront aberration in the human eye with contact lenses. Optom. Vis. Sci. 2003; 80: 135–41.
6. Roberts B., Athappilly G., Tinio B., Naikoo H., Asbell P. Higher order aberrations induced by soft contact lenses in normal eyes with myopia. Eye Contact Lens. 2006; 32: 138–42.
7. Awwad S.T., Sanchez P., Sanchez A., McCulley J.P., Cavanagh H.D. A preliminary in vivo assessment of higher-order aberrations induced by a silicone hydrogel monofocal contact lens. Eye Contact Lens. 2008; 34: 2–5.
8. Gatti R.F., Lipener C. Optical performance of different soft contact lenses based on wavefront analysis. Arq Bras Ophthalmol. 2008; 6: 42–6.
9. Berntsen D.A., Merchea M.M., Richdale K., Mack C.J., Barr J.T. Higher-order aberrations when wearing sphere and toric soft contact lenses. Optom. Vis. Sci. 2009; 86: 115–22.
10. Peyre C., Fumery L., Gatinel D. Comparison of higher-order optical aberrations induced by different multifocal contact lens geometries. J. Fr. Ophthalmol. 2005; 28 (6 Jun.): 599–604.
11. Atchison D.A. Aberrations associated with rigid contact lenses. J. Opt. Soc. Am. A Opt. Image Sci Vis. 1995; 12 (10 Oct): 2267–73.
12. Takabayashi N., Hiraoka T., Kiuchi T., et al. Influence of decorative lenses on higher-order wavefront aberrations. Jpn. J. Ophthalmol. 2013; 57: 335–40.
13. Hiraoka T., Ishii Y., Okamoto F., et al. Influence of cosmetically tinted soft contact lenses on higher-order wavefront aberrations and visual performance. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol 2009; 247: 225–33.
14. Efron S., Efron N., Morgan P.B. Optical and visual performance of aspheric soft contact lenses. Optom. Vis. Sci. 2008 Mar; 85(3): 201–10.
15. Де́в Т. Асферические контактные линзы: сущность вопроса. Вестник оптометрии. 2009; 3: 32–7.
16. Lindsaog Pettersoon A., Jarko C., Alvin A., Unsbo P., Brautaset R. Spherical aberration in contact lens wear. Cont Lens Anterior Eye. 2008; 31(4 Aug.): 189–93.
17. Koh S., Maeda N., Hamada T., Nishida K. Efficacy of spherical aberration correction based on contact lens power. Cont Lens Anterior Eye. 2014; 37: 273–7.
18. Charman W.N. Near vision, lags of accommodation and myopia. Ophthalmic Physiol. Opt. 1999; 19: 126–33.
19. Charman W.N. Aberrations and myopia. Ophthalmic Physiol. Opt. 2005; 25: 285–301.
20. He J.C., Gwiazda J., Thorn F., Held R., Vera-Diaz F.A. The association of wavefront aberration and accommodative lag in myopes. Vision Res. 2005; 45: 285–90.
21. Plainis S., Ginis H.S., Pallikaris A. The effect of ocular aberrations on steady-state errors of accommodative response. J. Vis. 2005; 5: 466–77.
22. Buehren T., Collins M.J. Accommodation stimulus-response function and retinal image quality. Vision Res. 2006; 46: 1633–45.
23. Collins M.J., Buehren T., Iskander D.R. Retinal image quality, reading and myopia. Vision Res. 2006; 46: 196–215.
24. Theagarayan B., Radhakrishnan H., Allen P.M., et al. The effect of altering spherical aberration on the static accommodative response. Ophthal. Physiol. Opt. 2009; 29: 65–71.
25. Allen P.M., Radhakrishnan H., Rae S., et al. Aberration control and vision Training as an effective means of improving accommodation in individuals with myopia. Invest Ophthalmol. Vis. Sci. 2009; 50: 5120–9.
26. Zhu M., Feng H., Zhu J., Qu X. The impact of amplitude of accommodation on controlling the development of myopia in orthokeratology. Chinese journal of ophthalmology. 2014; 1: 14–9.
27. Felipe-Marquez G., Nombela-Palomo M., Kaabo I. Accommodative changes produced in response to overnight orthokeratology. Graefes's Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology. 2015; 253: 619–26.
28. Тарутта Е.П., Вержанская Т.Ю. Возможные механизмы тормозящего влияния ортокератологических линз на прогрессирование миопии. Российский офтальмологический журнал. 2008; 1(2): 26–30.
29. Тарутта Е.П., Аляева О.О., Егорова Т.С. Оценка аккомодации и псевдоаккомодации на фоне ортокератологической коррекции миопии. Российский офтальмологический журнал. 2014; 7(2): 69–71.
30. Parker K.E., Marsack J.D., Elswick J.D., Brunstetter T.J., Applegate R.A. Controlled induction of spherical aberration with custom soft contact lenses. Clin Exp Optom 2009; 92: 283–8.

The Correction of Eye Wavefront Using Contact Lenses and Their Impact on the Accommodative Response

E.P. Tarutta, S.G. Arutyunyan, S.V. Milash

Moscow Helmholtz Research Institute of Eye Diseases, Russia
elenatarutta@mail.ru

Eye wavefront aberrations have a strong impact on the formation of an image on the retina and vision quality. A relationship has also been found between the aberrations and accommodation, which plays a significant role in visual performance and refraction change. It is hypothesized that not only the correction of lower-order aberrations but also that of higher-order ones can affect the quality of the image. Recently, many research papers have reported on wavefront correction by soft contact lenses in a variety of configurations. Contact lenses are available that may induce or, conversely, neutralize the aberrations. The question of how these lenses interact with the eye's own aberrations, remains unresolved: it is not clear yet if the lenses compensate the aberrations or add up to them.

Keywords: aberrations, wavefront, spheric aberrations, higher-order aberrations, contact lenses, accommodation.

doi: 10.21516/2072-0076-2016-9-2-102-107

Russian Ophthalmological Journal, 2016; 2: 102–7

References

1. Aberrations. Great Soviet Encyclopedia. Moscow: Sovetskaya Enciclopediya. 1970; 1: 34 (In Russian).
2. Dave T. Aspherical contact lenses: root of the matter. Vestnik optometrii. 2009; 2: 48–50 (In Russian).
3. McAlinden C., Moore J.E., McGilligan V.E., Moore T.C. Spherical aberration and higher order aberrations with Balafilcon A (Pure Vision) and Comfilcon A (Biofinity). Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol. 2011; 249 (4 Apr.): 607–12.
4. Hong X., Himebaugh N., Thibos L.N. On-eye evaluation of optical performance of rigid and soft contact lenses. Optom. Vis. Sci. 2001; 78: 872–80.
5. Lu F., Mao X., Qu J., et al. Monochromatic wavefront aberration in the human eye with contact lenses. Optom. Vis. Sci. 2003; 80: 135–41.
6. Roberts B., Athappilly G., Tinio B., Naikoo H., Asbell P. Higher order aberrations induced by soft contact lenses in normal eyes with myopia. Eye Contact Lens. 2006; 32: 138–42.
7. Awwad S.T., Sanchez P., Sanchez A., McCulley J.P., Cavanagh H.D. A preliminary in vivo assessment of higher-order aberrations induced by a silicone hydrogel monofocal contact lens. Eye Contact Lens. 2008; 34: 2–5.
8. Gatti R.F., Lipener C. Optical performance of different soft contact lenses based on wavefront analysis. Arq Bras Ophthalmol. 2008; 6: 42–6.
9. Berntsen D.A., Merchea M.M., Richdale K., Mack C.J., Barr J.T. Higher-order aberrations when wearing sphere and toric soft contact lenses. Optom Vis Sci. 2009; 86: 115–22.
10. Peyre C., Fumery L., Gatineau D. Comparison of higher-order optical aberrations induced by different multifocal contact lens geometries. J. Fr. Ophthalmol. 2005; 28(6): 599–604.
11. Atchison D.A. Aberrations associated with rigid contact lenses. J. Opt. Soc. Am. A Opt. Image Sci Vis. 1995; 12 (10 Oct.): 2267–73.
12. Takabayashi N., Hiraoka T., Kiuchi T., et al. Influence of decorative lenses on higher-order wavefront aberrations. Jpn. J. Ophthalmol. 2013; 57: 335–40.
13. Hiraoka T., Ishii Y., Okamoto F., et al. Influence of cosmetically tinted soft contact lenses on higher-order wavefront aberrations and visual performance. Graefes Arch. Clin Exp Ophthalmol 2009; 247: 225–33.
14. Efron S., Efron N., Morgan P.B. Optical and visual performance of aspheric soft contact lenses. Optom Vis Sci. 2008 Mar; 85(3): 201–10.
15. Dave T. Aspherical contact lenses: root of the matter. Vestnik optometrii. 2009; 3: 32–37 (In Russian).
16. Lindskoog Pettersoon A., Jarko C., Alvin A., Unsbo P., Brautaset R. Spherical aberration in contact lens wear. Cont Lens Anterior Eye. 2008; 31(4 Aug.): 189–93.
17. Koh S., Maeda N., Hamada T., Nishida K. Efficacy of spherical aberration correction based on contact lens power. Cont Lens Anterior Eye. 2014; 37: 273–7.
18. Charman W.N. Near vision, lags of accommodation and myopia. Ophthalmic Physiol. Opt. 1999; 19: 126–33.
19. Charman W.N. Aberrations and myopia. Ophthalmic Physiol. Opt. 2005; 25: 285–301.
20. He J.C., Gwiazda J., Thorn F., Held R., Vera-Diaz F.A. The association of wavefront aberration and accommodative lag in myopes. Vision Res. 2005; 45: 285–90.
21. Plainis S., Ginis H.S., Pallikaris A. The effect of ocular aberrations on steady-state errors of accommodative response. J. Vis. 2005; 5: 466–77.
22. Buehren T., Collins M.J. Accommodation stimulus-response function and retinal image quality. Vision Res. 2006; 46: 1633–45.
23. Collins M.J., Buehren T., Iskander D.R. Retinal image quality, reading and myopia. Vision Res. 2006; 46: 196–215.
24. Theagarayan B., Radhakrishnan H., Allen P.M., et al. The effect of altering spherical aberration on the static accommodative response. Ophthalm. Physiol. Opt. 2009; 29: 65–71.
25. Allen P.M., Radhakrishnan H., Rae S., et al. Aberration control and vision Training as an effective means of improving accommodation in individuals with myopia. Invest Ophthalmol. Vis. Sci. 2009; 50: 5120–9.
26. Zhu M., Feng H., Zhu J., Qu X. The impact of amplitude of accommodation on controlling the development of myopia in orthokeratology. Chinese journal of ophthalmology. 2014; 1: 14–9.
27. Felipe-Marquez G., Nombela-Palomo M., Kaebo I. Accommodative changes produced in response to overnight orthokeratology. Graefes Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology. 2015; 253: 619–26.
28. Tarutta E.P., Verzhanskaya T.Yu. Possible mechanisms of orthokeratological contact lenses inhibiting impact on myopia progression. Russian Ophthalmological Journal. 2008; 1(2): 26–30 (In Russian).
29. Tarutta E.P., Alyaeva O.O., Egorova T.S. Assessment of Accommodation and Pseudo Accommodation of Myopic Patients in Orthokeratology. Russian Ophthalmological Journal. 2014; 7(2): 68–71 (In Russian).
30. Parker K.E., Marsack J.D., Elswick J.D., Brunstetter T.J., Applegate R.A. Controlled induction of spherical aberration with custom soft contact lenses. Clin Exp Optom 2009; 92: 283–8.

Адрес для корреспонденции: 105062 Москва, ул. Садовая-Черногрозская, д. 14/19; ФГБУ «Московский НИИ глазных болезней им. Гельмгольца» Минздрава России
elenatarutta@mail.ru